

# УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Четврта лабораторијска вежба

Сложени системи, еквилизатор и адаптивни  
еквилизатор



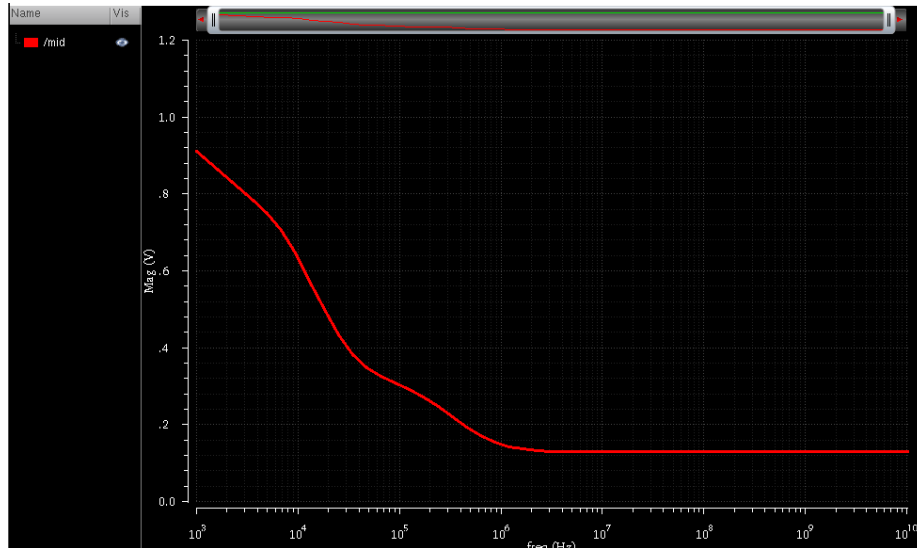
проф. др Милан Поњавић

доц. др Радивоје Ђурић

ас. мс Никола Петровић

## Увод

Циљ ове вежбе је моделовање еквилизатора и адаптивног еквилизатора за оптички пријемник где је преносна карактеристика оптичког филтра дата на слици 1.



Слика 1. Преносна карактеристика оптичког филтра.

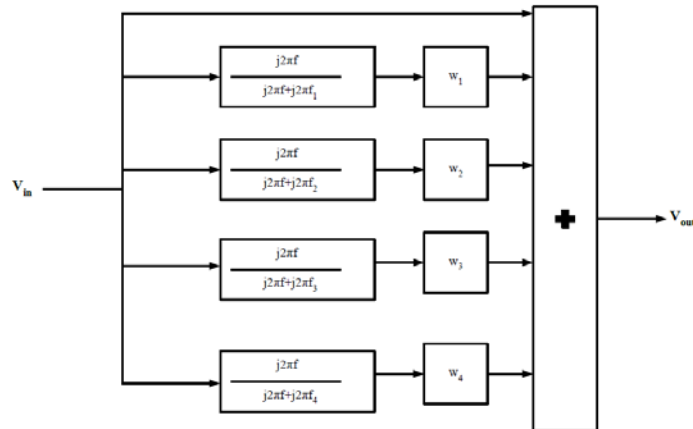
Циљ еквилизатора је тај да поправи преносну карактеристику оптичког филтра са слике 1. Карактеристика коју желимо да нам систем има након додавања еквилизатора је пропусник свих учестаности тј.  $V_{out}(s)/V_{in}(s) = const.$  Како фотодиода оптичког филтра има нископропусну карактеристику што се може видети са слике 1, као еквилизатор је погодно искористити филтар пропусник високих учестаности у циљу добијања карактеристике филтра пропусника свих учестаности. У овој лаб вежби жељени одзив система биће једнак јединици.

Потребно предзнање студената:

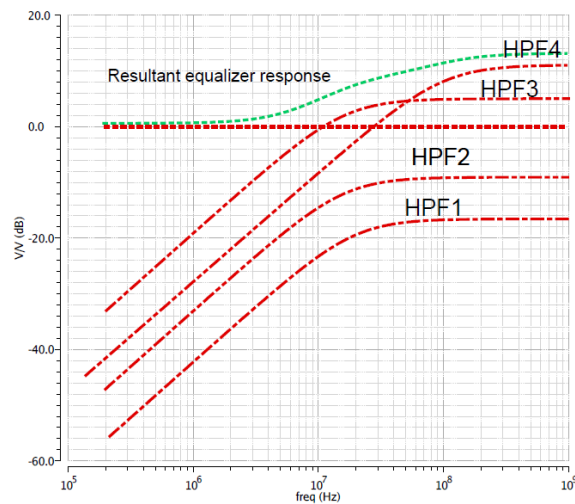
- Познавање рада еквилизатора, адаптивног еквилизатора као и LMS алгоритма.
- Основна предзнања моделовања компоненти у Verilogu A, декларација модула, дефинисање портова, инстанцирање компонената, покретање симулација у Virtuoso-у (предавања и вежбе из предмета Анализа и моделовање електронских кола употребом HDL-AMS језика).

## Еквилизатор

Еквилизатор који је потребно моделовати дат је на слици 2 и састоји се од четири високопропусна филтра. Резултујући одзив еквилизатора дат је на слици 3.



Слика 2. Дијаграм еквилизатора.



Слика 3. Одзив еквилизатора.

Параметри еквилизатора су дати као:

$$\begin{aligned} w_1 &= 0.02 & f_1 &= 1000 \text{ Hz} \\ w_2 &= 0.22 & f_2 &= 10\,000 \text{ Hz} \\ w_3 &= 1.87 & f_3 &= 188\,000 \text{ Hz} \\ w_4 &= 4.6 & f_4 &= 4\,100\,000 \text{ Hz} \end{aligned}$$

За моделовање преносне функције у Лапласовом домену могуће је користити функцију

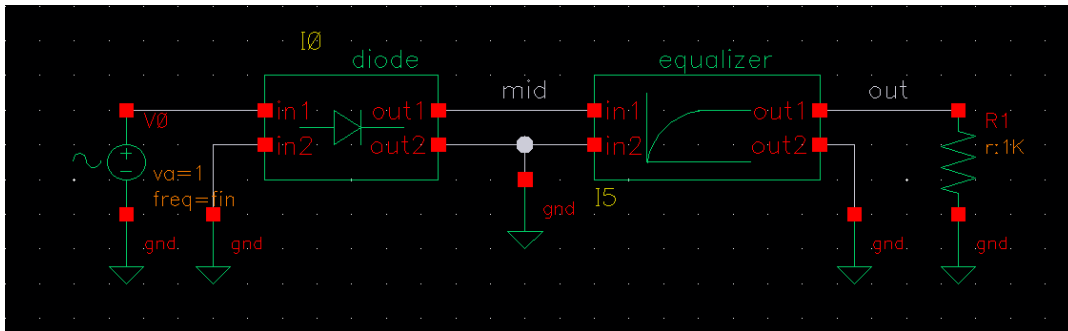
$$V_{out} = \text{laplace\_nd}(V_{in}, \{n_0, n_1, \dots, n_n\}, \{d_0, d_1, \dots, d_m\});$$

где је функција преноса дата као:

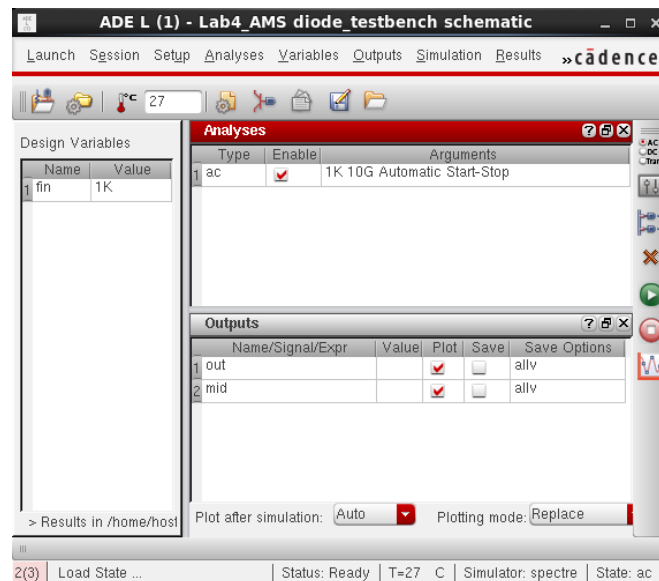
$$H(s) = \frac{n_0 + n_1s + \dots + n_ns^n}{d_0 + d_1s + \dots + d_ms^m}.$$

За проверу функционалности еквализатора потребно је направити шему као што је то приказано на слици 4. Оптички филтар са фотодиодом налази се у библиотеци Lab4. Након подешавања шеме потребно је покренути ADE L и подесити га као што је то приказано на слици 5.

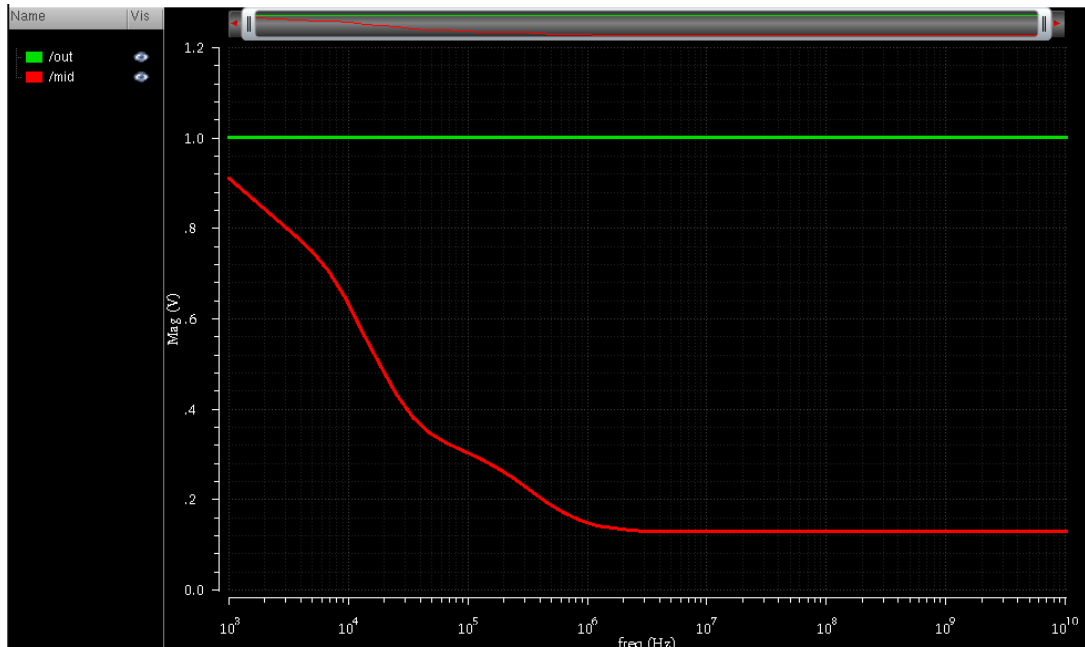
Након покретања симулација, одзив фотодиоде као и одзива система након додавања еквализатора приказан је на слици 6.



Слика 4. Шема за проверу функционалности еквализатора.



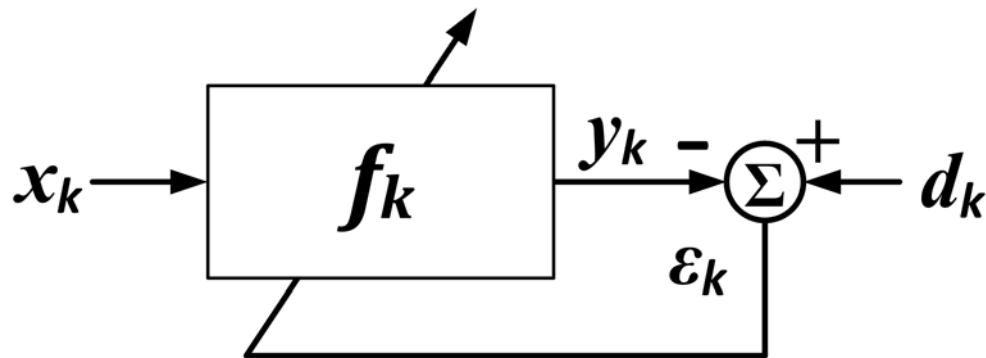
Слика 5. Изглед ADE L прозора.



Слика 6. Одзив фотодиоде и жељени одзив система.

### Адаптивни еквилизатор

У случају да није познат аналитички одзив система који желимо модификовати еквилизатором могуће је уместо стандардног еквилизатора користити адаптивни еквилизатор. На слици 7 приказан је рад адаптивног еквилизатора где је  $x_k$  улазни сигнал,  $y_k$  излаз адаптивног еквилизатора,  $d_k$  жељени излаз система и  $\varepsilon_k$  је грешка адаптивног еквилизатора.



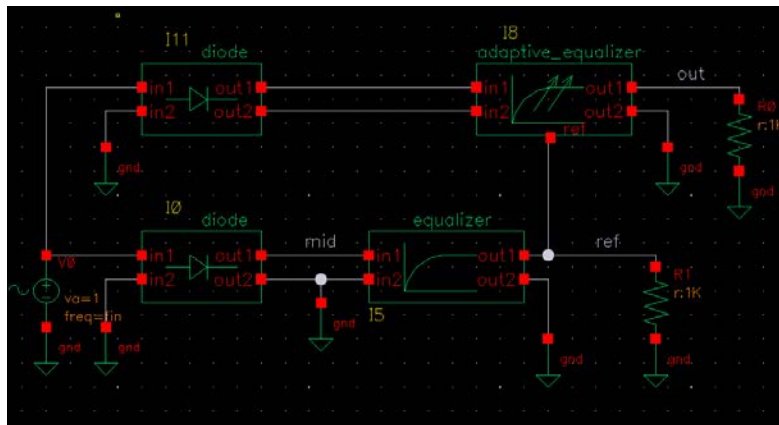
Слика 7. Адаптивни еквилизатор.

Грешка адаптивног еквализатора је једнака  $\varepsilon_k = (d_k - y_k)$  а параметри еквализатора се ажурирају помоћу једначине:

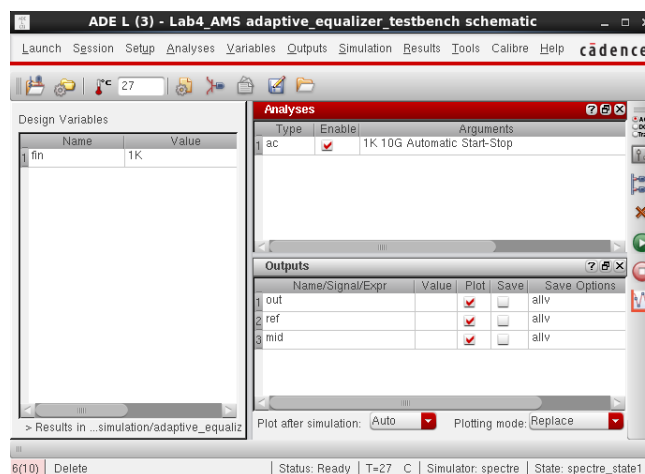
$$w_k = w_k - \alpha \frac{\partial \varepsilon^2}{\partial w_k},$$

за сваки параметар  $w_k$  адаптивног еквализатора. Параметар  $\alpha$  служи да ограничи корак промене параметра  $w_k$ . Параметре  $w_k$  је потребно ажурирати све док је грешка система већа од неке предефинисане вредности.

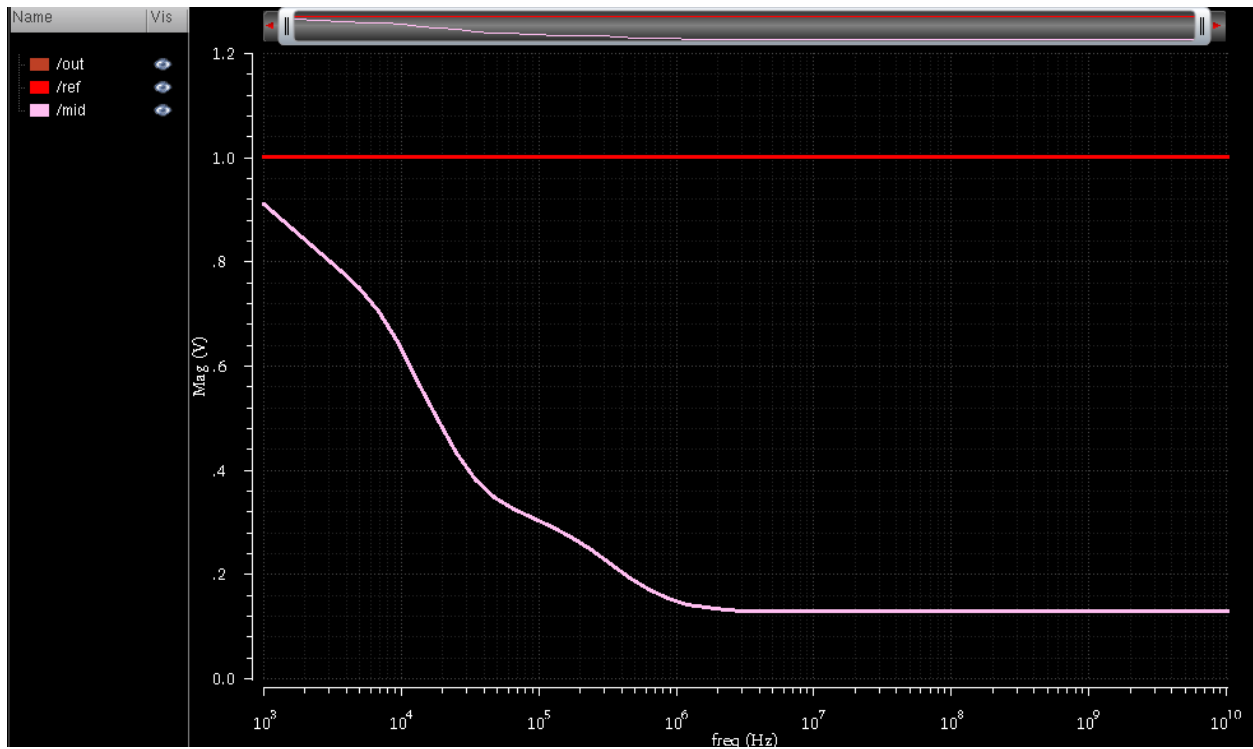
Шема за проверу функционалности моделованог адаптивног еквализатора дата је на слици 8. Након подешавања шеме потребно је покренути ADE L и подесити га као што је то приказано на слици 9. Резултати симулације дати су на слици 10.



Слика 8. Шема за проверу функционалност адаптивног еквализатора.



Слика 9. Изглед ADE L прозора.



Слика 10. Резултати симулације.

Уколико максимална дозвољена грешка адаптивног филтра има веома малу вредност, одзив система би требао да има скоро исту вредност као и одзив система у случају када је коришћен стандардни еквилизатор.